

비금속광물 제품제조업에서 발생하는 분진 농도와 분진 노출기준 적용에 따른 문제점 고찰

가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실¹⁾, 옥천전문대학 공업환경과²⁾, 충북대학교 안전공학과³⁾
김현욱¹⁾ · 피영규^{1)†} · 원정일²⁾ · 고원경¹⁾ · 노영만¹⁾ · 신창섭³⁾

-Abstract-

The concentrations of airborne dust in non-metallic products factories and problems associated with the application of the occupational exposure limits

Hyunwook Kim¹⁾ · Young Gyu Phee^{1)†} · Jung Il Won²⁾

Won Kyung Ko¹⁾ · Young Man Roh¹⁾ · Chang Sub Shin³⁾

Dept of Preventive Medicine, College of Medicine, The Catholic University of Korea¹⁾

Okchon College, Dept. of environmental industry²⁾

Chung Buk National University Dept. of Safety Engineering³⁾

This study was carried out to estimate current status of dust concentrations in the factories producing non-metallic products in Korea.

Data were gathered from the environmental monitoring reports by 40 workplace environmental monitoring institutes and the questionnaire designed for the study by the authors. A total of 1838 dust samples from 368 plants were obtained from the reports and were analyzed with no data modifications. But data on asbestos, rock wool, and welding fumes were excluded in this evaluation. The factories were classified into eight groups according to the standard industrial classification scheme in Korea.

The results of this study were as follows:

1. The factories included were glass, non-refractory ceramic, refractory ceramic ware, structural non-refractory clay and ceramic, cement and lime, articles of concretes, and stone. Mean(geometric mean) concentrations of total dust samples ranged from 1.75(0.84)mg/m³ to 5.87(2.84)mg/m³. Statistically significantly higher dust concentrations were found in the cement and lime industries compared with other industries.
2. The non-compliance rates were 15.2% in glass and 20.6% in other non-metallic mineral products

industries. Although all institutions surveyed utilized the identical sampling and classification scheme for dusts as specified in the current occupational exposure limits, wide discrepancies were found in collecting samples and classifying dusts. Further problems were discovered in classifying dusts. A dust sample collected could be classified into any of the three groups regardless of silica content.

The results of this study showed that dust concentrations in the non-metallic products industries varied widely. Also discovered was classification errors of dust types among workplace monitoring institutes. These errors could adversely affect the results of exposure assessments and the true nature of dust hazards. Further, no institutions performed respirable dust sampling and analysis of crystalline silica. In order to correct these malpractices, current standards of occupational exposure limits should be revised and tight supervision by the Ministry of Labour be suggested.

Key Words : total dust, occupational exposure limits, respirable dust, manufacturing, non-metallic products, crystalline silica

접수일 : 1999년 10월 7일, 채택일 : 1999년 12월 1일

† 교신저자 : 서울 영등포구 여의도동 62번지 가톨릭대학교 산업의학센터

전화) 02-3779-1415 E-mail) cimc@cmc.cuk.ac.kr

I. 서 론

비금속광물 제품제조업은 우리나라 표준산업 분류상 유리 및 유리제품, 기타 비금속광물제품으로 소분류된다. 여기서 기타 비금속광물 제품제조업은 다시 일반도자기, 내화요업제품, 구조용 비내화제품, 시멘트, 석회 및 프라스터제조, 콘크리트, 시멘트 및 프라스터제조, 석제품제조, 달리 분류되지 않은 비금속광물 제품제조업으로 세분된다 (표준산업 분류, 1992). 우리나라의 유리 및 유리제품 제조업체수는 1997년을 기준으로 510개, 근로자수는 24,963명이며, 기타 비금속광물 제품제조업체는 3,039개, 근로자 수 99,455명으로 적지 않은 수의 근로자가 있다 (노동부, 1998). 근로자를 대상으로 한 유해부서 특수건강진단에서 발견한 진폐증 이환자 중 제조업분야 진폐증이 차지하는 비율이 1989년 12.7%에서 1994년에는 30.9%로 증가하여 이 분야에 대한 진폐증 위험이 증대되고 있다(대한산업보건협회, 1990; 이원철 등, 1998). 연간 평균 제조업 진폐발생률을 산업별로 구분하였을 때, 1990-1994년 사이에 1차 금속산업에서 50.4명, 금속제품제조에서 25.1명, 비금속광물 제품제조업에서 479명으로 비금속광물 제조업에서 진폐발생률이 가장 높았다 (이원철 등, 1998).

비금속광물 제품 제조시 발생하는 분진은 대부분 무기성 분진으로 결정형과 비결정형규산을 함유하고 있으며(Hogan, 1995), 결정형규산이 함유되어 있는 경우는 진폐증으로의 이환속도나 합병증, 발암성과 분진 독성을 상승시키는 요인이 된다. 우리나라의 제조업체에서 발생하는 분진 노출농도는 일부 조사된 바 있지만 경남 및 부산지역 등 지역적으로 국한되어 있으며 대부분 공정중심으로 진행되었다 (김병수 등, 1986; 김희만과 김돈균, 1993; 김찬호 등, 1993). 제조업체에서 발생하는 광물성분진의 종류에 대한 연구로는 요업사업장 (오세민 등, 1994; 김현욱 등 1999), 구조토사업장 (정희경 등,

1995)등을 대상으로 하였다. 이 연구들은 대부분 광물성분진중 결정형규산에 대해 주안점을 두고 분석하였고 시료의 수도 제한되어 비금속광물 제품 제조업에서 발생하는 분진 농도 분포를 설명하기에는 부족하다. 현재까지 우리나라 제조업분야 특히 비금속광물 제품제조업에서 발생하는 분진 농도에 관한 정보나 산업별 노출농도에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 첫째 제조업 분야중 최근 진폐발생률이 높은 비금속광물 제품제조업에 대하여 전반적인 분진 노출수준을 평가하고, 둘째 우리나라 법규상 해당 분진에 대한 노출기준을 적용할 때 구분하도록 되어있는 분진 종류를 일선 작업환경측정기관에서 어떻게 적용하고 있는지를 파악하고 발생하는 문제점을 조사하여 향후 비금속광물 제품제조시 발생하는 분진을 측정, 평가할 때 보다 정확한 평가가 될 수 있도록 하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 대 상

1998년 1월 30일부터 5월 30일까지 '96년 이전에 지정받은 전국 작업환경측정기관에 대해서 사전에 준비된 설문조사서를 우편으로 보내어 회수된 44개 기관중 40개기관을 대상으로 하였다. 설문지는 '96년도에 해당 기관에서 담당한 분진사업장의 작업환경측정현황 (업종, 주생산품, 광물성분진 발생공정, 측정결과, 허용농도, 평가결과, 측정 및 분석방법)에 대한 내용과 측정 담당자에게 광물성분진의 측정, 평가 및 노출기준의 적용에 대한 의견으로 구성하였다.

2. 방 법

본 연구에서는 광물성 분진이 발생될 것으로 생각

되는 제조업중에서 한국표준산업분류(노동부, 1992)에 따라 중분류 산업 6개(화합물 및 화학제품, 고무 및 플라스틱, 비금속광물제품, 제1차 금속산업, 달리 분류되지 않는 기계 및 장비제조업, 자동차 및 트레일러 제조업)와 그에 따른 소분류를 사전에 선정하였다. 여기에서 광물성 분진발생 대상업종과 다르거나 용접, 금속분진, 유기성 분진, 암면 및 석면을 사용하는 사업장을 제외하였고 본 연구의 1단계로서 비금속광물 제품제조업 368개 사업장에 대해 각 측정기관에서 수행하여 얻은 자료를 통해서 광물성분진의 농도를 파악하였다.

3. 분 석

통계분석은 수집된 광물성분진의 측정농도 분포를 파악하기 위해 Sapiro Wilks test를 수행하여 정규분포 여부를 확인하였으며, 각 분류간 농도차이는 $\alpha=0.05$ 수준에서 scheffe의 다중비교를 실시하였다. 노출농도가 대수정규분포를 하더라도 기하평균이 최상의 평균노출을 나타내지 못하며 유사노출군에서 평균 노출에 대해 저평가될 수 있는 점을 감안하여(Mulhausen & Damiano, 1998) 해당 분류에 대한 충분한 정보를 주기 위하여 산술평균(표준편차)과 기하평균(기하표준편차), 범위를 함께 제시하여 결과를 나타내었다.

III. 결 과

1. 조사기관의 지역적 분포

조사기관을 지역별로 구분하여 보면 서울 4(10%), 경인 9(22.5%), 경남(부산) 10(25%), 충청 4(10%), 경북 9(22.5%), 전라 2(5%), 강원 2(5%) 등에 분포되어 있었다.

2. 소분류 및 세분류별 분진 농도

분진 농도를 표준산업 분류상 소분류 및 세분류로 구분하여 표 1에 나타내었다. 비금속광물 제품 제조시 분진 농도는 평균(기하평균) 3.52(1.81)mg/m³, 유리 및 유리제품 제조업이 1.75(0.84)mg/m³, 기타 비금속광물 제품제조업은 3.61(1.88)mg/m³으로 비금속광물 제품제조업이 통계적으로 유의하게 높은 노출농도를 보였다. 유리제품 제조업의 경우 총 시료 중 15.2%, 기타 비금속광물 제품제조업의 20.6%가 현행 노출기준을 초과하는 것으로 나타났다.

소분류에서 더 세분된 업종의 평균 분진농도는 1.81~5.87mg/m³으로 시멘트, 석회제조업이 다른 제조업에 비해 통계적으로 유의하게 높은 분진 농도를 보였다. 노출기준 초과율은 석재가공 (33.9%)과, 달리 분류되지 않은 비금속 광물제품 제조업-대부분 연탄제조 (31.7%)에서 높은 분포를 보였다(표 1).

3. 세세분류별 분진 농도

1) 도자기관련 제조업

일반도자기 제조업에서는 세세분류로서 토기, 가정용 도자기, 위생용 도자기, 전기 및 전자용 도자기, 장식용 도자기 등으로 분류된다. 장식용 도자기를 만드는 곳이 가장 농도가 높아 평균(기하평균) 2.92(2.23)mg/m³이었으며 다음으로 위생도기 제조가 2.66(1.59)mg/m³ 였다. 노출기준 초과율에서는 위생도기 제조가 39.1%로 가장 높았다.

2) 요업관련 제품제조업

내화요업 제품제조업은 내화벽돌 및 유사 구조용 내화제품, 내화도가니 및 기타 정형내화제품 제조업, 달리 분류되지 않은 내화요업 제품제조업으로 구분된다 (표 2). 여기서는 달리 분류되지 않은 내화요업제품 생산시 농도가 6.93(2.24) mg/m³으로 가장 높았으며, 내화벽돌 및 유사 구조용 내화제품 제조에 비해 통계적으로 유의하게 높은 분진농도를

Table 1. The concentrations of dust samples by subdivisional class

Class	N	Mean(mg/m ³) ± SD*	GM [†] (mg/m ³) (GSD [†])	Range (mg/m ³)	N-C [§] (%)
Glass and its products	92	1.75 ± 2.55	0.84(3.45)	0.06-14.27	15.2
Other non-metallic mineral products	1,746	3.61 ^b ± 5.52	1.88(3.28)	0.01-79.40	20.6
Non-refractory ceramic ware	261	2.29 ± 2.66	1.42(2.79)	0.04-21.30	28.0
Refractory ceramic ware	203	2.95 ± 5.36	1.49(3.24)	0.01-50.45	19.2
Structural non-refractory clay and ceramic	273	3.02 ± 3.29	1.92(2.73)	0.07-30.00	17.2
Cement, lime and plaster	397	5.87 [¶] ± 7.87	2.84(4.02)	0.01-79.40	17.4
Articles of concretes, cement	228	1.81 ± 1.80	1.14(2.86)	0.02 -9.07	3.50
Cutting and finishing of stone	62	4.20 ± 4.18	2.90(2.48)	0.33-28.58	33.9
Non metallic mineral products not otherwise classified(n.o.c)	322	3.98 ± 6.31	2.11(3.02)	0.05-59.10	31.7
Total	1,838	3.52 ± 5.43	1.81(3.33)	0.01-79.40	20.3

SD* : Standard deviation

N-C[§] : Non compliance

GM[†] : Geometric mean

|| : P<0.0001 (student's t-test)

GSD[†] : Geometric standard deviation

¶ : Significant at α=0.05

Table 2. The concentrations of dusts in the non-refractory ceramic ware industries¹

Class	N	Mean(mg/m ³) ± SD	GM(mg/m ³) (GSD)	Range (mg/m ³)	N-C (%)
Pottery and ceramic household wares	41	2.32 ± 2.13	1.65(2.39)	0.21- 12.05	19.5
Sanitary ceramic wares	115	2.66 ± 2.98	1.59(2.97)	0.07- 16.78	39.1
Ceramic wares for electricity	25	1.99 ± 4.08	1.06(2.68)	0.12- 21.30	16.0
Ornamental ceramic wares	4	2.92 ± 2.30	2.23(2.39)	0.95- 5.83	0.0
Non-structural, non refractory ceramic ware n.o.c	76	1.77 ± 1.57	1.19(2.73)	0.04- 7.23	21.1
Refractory bricks and similar products	166	2.22 ^a ± 2.53	1.36(2.99)	0.01- 18.60	14.5
Refractory crucibles and others	8	3.62 ± 3.57	2.47(2.44)	1.18- 9.29	50.0
Refractory ceramic products n.o.c.	29	6.93 ^a ± 12.12	2.24(4.66)	0.10- 50.45	37.9
Ceramic building material such as brick	146	2.79 ± 2.75	1.87(2.59)	0.10- 18.62	11.6
Clay roofing tiles and related products	35	2.85 ± 2.77	1.84(2.64)	0.25- 11.47	20.0
Tiles and similar products	92	3.45 ± 4.13	2.05(3.01)	0.07- 30.00	25.0

a, b : significant at α=0.05 level

보였다. 노출기준 초과율은 내화도기 제조 (50.0%)와 달리분류되지 않은 내화요업제품 (37.9%)이 그중 높은 노출기준 초과율을 보였다.

구조용 비내화 요업제품 제조는 크게 벽돌, 기와, 타일제조로 나뉘며 평균 2.79mg/m³-3.45mg/m³이었으며, 타일제조시 가장 높은 분진 농도를 보였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다. 노출초과율은 타일제조에서 가장 높았다 (25.0%).

3) 시멘트, 석회, 콘크리트관련 제조업

시멘트 및 석회 제조업의 분진 농도는 다른 제품 제조에 비해 높은 경향을 보였으며 특히, 석회 제조시에는 평균농도(기하평균)가 7.34(4.83) mg/m³으로 시멘트제조에 비해 통계적으로 유의하게 높은 농도를 보였다(표 3). 노출기준 초과율은 석회 23.4%, 시멘트 제조 12.0%를 보였다. 콘크리트 시멘트 제품제조업은 달리 분류되지 않은 콘크리트, 시멘트 제품제조업에서 가장 높은 분진 농도(기하평균) 2.53(1.88)mg/m³를 보였으며 비내화 모르타르 제조에 비해 통계적으로 유의하게 높았다. 노출기준 초과율에서는 전반적으로 10% 이하의 낮은 경향을 보였다.

4) 달리 분류되지 않은 비금속 광물제품 제조업
달리 분류되지 않은 비금속 광물제품에는 연마재, 아스팔트제품, 분쇄처리업, 인조흑연, 골재제조 등이 있다. 가장 분진 농도가 높았던 곳은 연탄제조로 평균(기하평균) 4.27(2.23)mg/m³이었으며, 노출기준 초과율도 39.3%로서 가장 높았다 (표 4).

4. 분진 노출평가 방법 및 등급 구분 실태

설문에 응답한 40개 측정기관에서 분진에 대한 측정은 모두 총분진으로 하고 있었으며 실제 광물성분진에서 진폐증을 야기할 수 있는 호흡성분진은 측정하지 않고 있었다. 측정기관 모두 중량분석법을 기본으로 하여 평가하고 있었다. 광물성 분진을 측정 후 산업안전보건법상 작업환경측정 고시에 따른 분진 등급분류를 어떻게 하는가에 대한 응답으로서는 문헌이나 참고서적 이용 (28개소), 측정자의 경험적 판단 (9개소), 사업장의 물질안전 보건자료이용 및 물질시료 분석의뢰 (3개소) 등이었으며, 실제로 공기중 분진 시료에 함유된 결정형규산을 분석하여 적용한 기관은 하나도 없었다. 광물성분진 평가에 대한 건의사항으로서는 대표적 업종 및

Table 3. The concentrations of dust in the cement, lime and concrete industries

Class	N	Mean(mg/m ³) ±SD	GM(mg/m ³) (GSD)	Range (mg/m ³)	N-C (%)
Cement	209	4.55±8.18	1.76(4.55)	0.01-79.40	12.0
Lime	188	7.34 ^a ±7.26	4.83(2.72)	0.19-51.24	23.4
Non-refractory mortars	4	0.81 ^b ±0.31	0.76(1.55)	0.42-1.08	0.0
Ready-mixed concrete	92	1.70±1.91	1.04(2.73)	0.10-9.07	4.3
Concrete roofing tiles, brick, and blocks	53	1.27±0.74	0.98(2.41)	0.07-3.65	3.8
Concrete structural members and other concrete products for civil engineering	29	2.04±2.60	0.90(4.07)	0.07-9.07	0.0
Concrete, cement and plaster n.o.c	50	2.53 ^a ±1.71	1.88(2.65)	0.02-8.10	4.0

* : P<0.0001 (student's t test)

a, b : significant at α=0.05 level

Table 4. The concentrations of dusts in the non-metallic mineral products not otherwise classified

Class	N	Mean(mg/m ³) ± SD	GM(mg/m ³) (GSD)	Range (mg/m ³)	N-C (%)
Abrasive articles	47	3.84±7.63	1.91(2.85)	0.33-49.93	17.0
Crushing of non-metallic mineral	106	3.77±6.75	1.92(3.04)	0.15-59.10	28.3
Artificial graphite and other carbon	19	3.28±1.57	3.00(1.51)	1.95- 7.21	26.3
Non-metallic mineral products n.o.c	150	4.27±5.94	2.23(3.23)	0.05-34.67	39.3

공정별 결정형규산 함량의 표준제시 (22개소), 측정기관별 결정형규산 분석 (10개소), 유리규산 분석 전문기관 지정활용 (8개소) 등이었다.

표 5는 총분진 포집후 분진 등급을 1, 2, 3종으로 구분할 때 작업환경 측정기관에서 평가한 바를 종합한 것이다. 문제점으로는 동일한 분진에 대하여 측정기관별로 각각 다른 분진 등급을 부여한 경우이다. 유리제조, 일반 도자기제조, 석재가공, 기타 비금속의 경우에는 1종 분진으로 구분하는 경우가 각각 66.3%, 60.9%, 53.2 %, 47.5%이었으며, 내화요업, 구조용 비내화요업, 시멘트와 석회, 콘크리트 및 시멘트에서는 3종 분진으로 분류하는 경우가 각각 56.2%, 58.2%, 91.2%, 64.0%이었다.

IV. 고 찰

우리나라에서 실시된 작업환경측정 결과 노출기준 초과건수를 유해인자별로 구분하면 소음, 분진, 유기용제, 특정화학물질 순이며, 분진에 대한 노출 초과율이 소음 다음으로 높고 이러한 현상이 직업병 발생에도 많은 영향을 주고 있는 것으로 보인다. 우리나라에서는 법적으로 파쇄, 용접, 연마 등 분진이 발생하는 옥내작업장에 대해 작업환경측정을 실시해야 하고(산업안전보건법 시행규칙 제 93 조 제1항) 측정 시기는 6월에 1회 이상으로 하고있다(노동부, 1997). 작업환경측정 종합연보(1997)에

Table 5. The classification errors of dust types within the subdivisional classes

Class	N	Type I		Type II		Type III	
		rate (%)	N	rate (%)	N	rate (%)	N
Glass and its products	92	66.30	61	3.26	3	30.43	28
Non-refractory ceramic ware	261	60.92	159	17.24	45	21.84	57
Refractory ceramic ware	203	33.99	69	9.85	20	56.16	114
Structural non-refractory clay and ceramic	273	29.30	80	12.45	34	58.24	159
Cement, lime and plaster	397	1.76	7	7.05	28	91.18	362
Articles of concretes, cement	228	31.58	72	4.39	10	64.04	146
Cutting and finishing of stone	62	53.23	33	0.00	0	46.77	29
Non metallic mineral products n.o.c	322	47.52	153	34.47	111	18.01	58
Total	1838		634		251		953

일하게 설정해 놓고 결정형규산의 함유율 분석에 대한 항목은 빠져있다. 또한 결정형규산에 대한 허용기준만 화학물질의 노출기준(별표 1-1)과 호흡성분진의 노출기준(별표 2-1)에 중복되어 언급만 되어있고 실제 결정형규산의 농도를 분석하여 평가한 기관은 본 연구결과에서 알 수 있듯이 한 곳도 없었다. 이런 점을 종합해 보면 여러 광물이 혼합 사용되고 있는 비금속광물 제품제조시에는 호흡성분진을 포집하고 분진내 결정형규산을 종류별로 분석하여 기준을 적용하여야 할 것으로 생각된다.

본 연구의 결과는 왜 비금속광물 제품제조업의 분진 노출 초과율이 낮은데도 불구하고 높은 진폐증 이환율을 보이는지에 대해 하나의 이유를 제시하고 있다. 즉 현재의 작업환경 실태가 정확히 파악되고 있지 않고 분진의 농도는 높으나 분진의 등급을 분류할 때 결정형규산의 함유량에 따라 분류되지 않고 기관에서 자의적으로 분류하고 있으며 따라서 한 종류의 분진도 측정기관마다 각각 다르게 분류하고 있는 것을 볼 수 있었다.

기준 적용에 있어서 또 다른 문제점으로는 화학물질 및 물리적인자의 노출기준에서 일부노출이 중복되어 있거나 잘못 인용되어 있으며 측정방법도 빠져 있어 측정기관에서 노출기준 적용시 혼란이 있을 수 있다는 점이다. 특히 비금속광물 제품제조에서 발생하는 고령토의 경우는 총분진 노출기준(별표 2-1)은 3종 분진으로서 10mg/m³으로 설정되어 있으며, 화학물질 노출기준(별표 1-1)에도 동일하게 설정되어 있으나 이는 실제 ACGIH의 TLVs 인용시 호흡성분진이란 항목을 누락시킨 것으로 판단된다. 그리고 천연흑연의 경우도 총분진의 2종 분진으로, 합성흑연의 경우 3종 분진으로 분류되어 있고 호흡성분진으로서는 2.5mg/m³으로 구분되어 있다. 그러나 화학물질의 노출기준에도 동일한 내용으로 언급되어 있으나 측정방법이 총분진인지 호흡성분진인지에 대한 구분이 없어 혼동될 우려가 있다. 또한 총분진 노출기준의 대부분이 화학물질 노출기준에 중복 수록되어 있어 총분진 및 호흡성분

진 항목을 별표로서 별도로 설정한 의미가 없다. 또한 실리카-결정체에 대한 항목도 호흡성분진 노출기준으로 분류되어 있으나 화학물질의 노출기준에도 동일하게 설정해 놓고 호흡성분진이란 언급만 없을 뿐이다. 이같은 오류는 혼란만 초래하므로 결론적으로 분진의 허용기준에 대한 총체적인 수정이 필요하다 하겠다.

설문조사에서 광물성 분진평가에 대한 건의사항을 보면 대표 업종별 및 공정별 결정형규산 함량의 표준제시(22개소), 측정기관별 결정형규산 분석(10개소), 결정형규산 분석 전문 기관 지정 활용(8개소) 등이 있었다. 그러나 공정별 결정형규산 함량의 표준제시는 결정형규산 측정시 가변성이 있어 표준적으로 제시한다는 것은 어려우며, 측정기관별로 결정형규산을 분석한다는 것은 분석기기가 고가이고 전문적 분석기술이 필요한 점 등을 감안하면 현실성이 떨어진다. 따라서 현재는 우리나라에도 결정형규산 분석전문기관이 지정되어 있으므로 이런 전문기관을 활용하는 것이 가장 좋은 방법으로 판단된다.

진폐증은 0.5-10 μ m크기의 분진이 호흡기중 가스 교환부위에 침착하여 발생된다. 이것은 진폐증이 호흡성분진에 의해 발생한다는 것을 의미하는 것인데 본 연구에서 조사된 모든 기관에서는 광물성분진에 대해 총분진으로 측정하고 있었다. 호흡성분진만을 포집할 수 있는 기기가 분명히 있음에도 불구하고 아직까지 총분진으로 포집하여 평가하고 있다는 것은 명백히 잘못된 것이다. ACGIH에서는 분진 입자에 대해 침착성 및 인체 영향을 고려하여 흡입성, 흉곽성, 호흡성으로 구분하였고(ACGIH, 1999), 우리나라 화학물질의 노출기준이 인용된 ACGIH TLVs에서는 결정형규산, 고령토, 운모, 석탄분진, 흑연 등에 대해 호흡성분진으로 측정하도록 규정되어 있다. 따라서 광물성분진중 진폐증을 유발할 수 있는 분진은 호흡성분진을 측정하여 평가하는 것이 가장 타당한 방법이라고 생각된다.

우리나라는 지금까지 외국의 자료를 인용하여 노

일하게 설정해 놓고 결정형규산의 함유율 분석에 대한 항목은 빠져있다. 또한 결정형규산에 대한 허용기준만 화학물질의 노출기준(별표 1-1)과 호흡성분진의 노출기준(별표 2-1)에 중복되어 언급만 되어있고 실제 결정형규산의 농도를 분석하여 평가한 기관은 본 연구결과에서 알 수 있듯이 한 곳도 없었다. 이런 점을 종합해 보면 여러 광물이 혼합 사용되고 있는 비금속광물 제품제조업의 분진 노출 초과율이 낮은데 불구하고 높은 진폐증 이환율을 보이는지에 대해 하나의 이유를 제시하고 있다. 즉 현재의 작업환경 실태가 정확히 파악되고 있지 않고 분진의 농도는 높으나 분진의 등급을 분류할 때 결정형규산의 함유량에 따라 분류되지 않고 기관에서 자의적으로 분류하고 있으며 따라서 한 종류의 분진도 측정기관마다 각각 다르게 분류하고 있는 것을 볼 수 있었다.

본 연구의 결과는 왜 비금속광물 제품제조업의 분진 노출 초과율이 낮은데 불구하고 높은 진폐증 이환율을 보이는지에 대해 하나의 이유를 제시하고 있다. 즉 현재의 작업환경 실태가 정확히 파악되고 있지 않고 분진의 농도는 높으나 분진의 등급을 분류할 때 결정형규산의 함유량에 따라 분류되지 않고 기관에서 자의적으로 분류하고 있으며 따라서 한 종류의 분진도 측정기관마다 각각 다르게 분류하고 있는 것을 볼 수 있었다.

기준 적용에 있어서 또 다른 문제점으로는 화학물질 및 물리적인자의 노출기준에서 일부노출이 중복되어 있거나 잘못 인용되어 있으며 측정방법도 빠져 있어 측정기관에서 노출기준 적용시 혼란이 있을 수 있다는 점이다. 특히 비금속광물 제품제조에서 발생하는 고령토의 경우는 총분진 노출기준(별표 2-1)은 3종 분진으로서 10mg/m³으로 설정되어 있으며, 화학물질 노출기준(별표 1-1)에도 동일하게 설정되어 있으나 이는 실제 ACGIH의 TLVs 인용시 호흡성분진이란 항목을 누락시킨 것으로 판단된다. 그리고 천연흑연의 경우도 총분진의 2종 분진으로, 합성흑연의 경우 3종 분진으로 분류되어 있고 호흡성분진으로서는 2.5mg/m³으로 구분되어 있다. 그러나 화학물질의 노출기준에도 동일한 내용으로 언급되어 있으나 측정방법이 총분진인지 호흡성분진인지에 대한 구분이 없어 혼동될 우려가 있다. 또한 총분진 노출기준의 대부분이 화학물질 노출기준에 중복 수록되어 있어 총분진 및 호흡성분

진 항목을 별표로서 별도로 설정한 의미가 없다. 또한 실리카-결정체에 대한 항목도 호흡성분진 노출기준으로 분류되어 있으나 화학물질의 노출기준에도 동일하게 설정해 놓고 호흡성분진이란 언급만 없을 뿐이다. 이같은 오류는 혼란만 초래하므로 결론적으로 분진의 허용기준에 대한 총체적인 수정이 필요하다 하겠다.

설문조사에서 광물성 분진평가에 대한 건의사항을 보면 대표 업종별 및 공정별 결정형규산 함량의 표준제시(22개소), 측정기관별 결정형규산 분석(10개소), 결정형규산 분석 전문 기관 지정 활용(8개소) 등이 있었다. 그러나 공정별 결정형규산 함량의 표준제시는 결정형규산 측정시 가변성이 있어 표준적으로 제시한다는 것은 어려우며, 측정기관별로 결정형규산을 분석한다는 것은 분석기기가 고가이고 전문적 분석기술이 필요한 점 등을 감안하면 현실성이 떨어진다. 따라서 현재는 우리나라에도 결정형규산 분석전문기관이 지정되어 있으므로 이런 전문기관을 활용하는 것이 가장 좋은 방법으로 판단된다.

진폐증은 0.5-10 μ m크기의 분진이 호흡기중 가스 교환부위에 침착하여 발생된다. 이것은 진폐증이 호흡성분진에 의해 발생한다는 것을 의미하는 것인데 본 연구에서 조사된 모든 기관에서는 광물성분진에 대해 총분진으로 측정하고 있었다. 호흡성분진만을 포집할 수 있는 기기가 분명히 있음에도 불구하고 아직까지 총분진으로 포집하여 평가하고 있다는 것은 명백히 잘못된 것이다. ACGIH에서는 분진 입자에 대해 침착성 및 인체 영향을 고려하여 흡입성, 흉곽성, 호흡성으로 구분하였고(ACGIH, 1999), 우리나라 화학물질의 노출기준이 인용된 ACGIH TLVs에서는 결정형규산, 고령토, 운모, 석탄분진, 흑연 등에 대해 호흡성분진으로 측정하도록 규정되어 있다. 따라서 광물성분진중 진폐증을 유발할 수 있는 분진은 호흡성분진을 측정하여 평가하는 것이 가장 타당한 방법이라고 생각된다.

우리나라는 지금까지 외국의 자료를 인용하여 노

출기준을 설정해 왔다. 그 예로서 우리나라 총분진에 대한 기준은 1980년대까지 일본에서 사용하던 기준을 원용하여 지역시료 측정방법인 환경중 분진농도 측정을 원칙으로 하였다(이광목, 1983). 그러나 우리나라는 90년대초에 분진에 대한 노출기준을 변경하면서 개인시료 측정과 분진의 독성, 침착성을 고려하여 기준을 마련한 ACGIH TLVs를 도입하면서 기존 기준과 새로운 기준을 정리하지 못하고, 분진 포집과 평가 방법에 대한 세세한 기준을 마련하지 못하였기 때문에 현재와 같은 혼란을 초래하였다. 따라서 앞으로 분진 노출기준에 대한 잘못된 개념, 평가기준 등을 종합적으로 수정하여야 정확한 측정과 평가가 이루어질 것이다.

본 논문은 각 작업환경 측정기관에서 수행한 결과를 이용하여 자료를 나타낸 것으로 다음과 같은 제한점을 가지고 있을 수 있다. 첫째 작업환경측정 결과보고서의 자료는 노출기준 초과여부를 판단하고자 하는 것으로서 작업장에서의 평균 농도를 나타낸다고 하기에는 맞지 않을 수 있다. 즉, 노동부의 작업환경측정 및 정도 관리규정에 의하면 단위 작업장소에서 최고 노출근로자를 선정하여 측정하는 것을 원칙으로 하기 때문에 양의 편이가 생길수 있다. 둘째 각 기관마다 자료 제시에 사용하는 소수점의 자리수가 통일되어 있지 않아 농도가 저평가 되었을 수도 있다. 특히 소수점 한자리 수인 경우에는 변이가 0.01-0.09 mg/m³까지 일어날 수 있으며, 여기에 대한 저평가는 보통 -0.03에서 -0.05 mg/m³으로 알려져 있으나 (Seixas 등, 1990) 여기서는 농도의 정확한 값보다는 농도 분포를 파악하는 것이 주안점이었기에 결과에서는 보정을 생략하였다. 셋째 측정 결과중 일부는 과도한 측정치를 보여 이상치일 가능성이 있었으나 본 연구에서는 이러한 수치에 대한 보정을 하지 않고 그대로 사용하여 양의 편이가 일어날 가능성이 있다. 넷째 산업분류에서 표준화된 분류체계가 있음에도 불구하고 작업환경 측정기관마다 달라 오분류 가능성이 있었다. 그러나 이러한 제한점이 있더라도 그동안 진폐증 발

생이 높았고 분진발생 상황이 잘 알려지지 않았던 비금속광물 제품제조업체에 대한 실상을 제공하고, 또 분진 포집 및 평가에 대해 문제점을 본 연구자료를 통해 입증할 수 있었다는 점에서 본 연구의 가치를 평가할 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 조사는 98년 1월부터 5월까지 비금속광물 제품제조시 발생하는 분진 노출정도를 작업환경 측정기관에서 제공한 측정 결과를 이용하여 산업별로 파악하였다. 또한 분진 포집 방법 및 분진 등급 분류 적용시 현행 노출기준에 대한 문제점을 고찰하여 추후 광물성분진에 대한 측정, 평가시 도움이 되고자 하였다.

1. 비금속광물 제품제조시 세부 업종별 분진의 평균(기하평균)농도는 일반도자기제조 2.29(1.42)mg/m³, 내화요업 2.95(1.49)mg/m³, 구조용 비내화 요업 3.02(1.92)mg/m³, 시멘트, 석회제조업은 5.87(2.84)mg/m³, 콘크리트, 시멘트 및 프라스터제조업 1.81(1.14)mg/m³, 석제품 제조업 4.20(2.90)mg/m³, 달리분류되지 않은 비금속 광물제품 제조업은 3.98(2.11)mg/m³으로 시멘트, 석회제조업이 다른 제조업에 비해 통계적으로 유의하게 높은 분진노출농도를 보였다
2. 8개의 세부업종에 따른 세세부업종에 대한 농도는 일반도자기의 경우 위생용도자기제조 2.65(1.59)mg/m³, 내화요업의 경우 기타내화요업제조 6.93(2.24)mg/m³, 구조용비내화요업의 경우 타일제조 3.45(2.05)mg/m³, 시멘트 및 석회는 석회제조 7.34(4.83)mg/m³, 콘크리트 및 시멘트의 경우 기타제조 2.53(1.88)mg/m³, 달리 분류되지 않은 비금속광물제품은 연탄이 가장 많이 포함되어 있는 기타사업장이 4.27(2.23)mg/m³으로 가장 높

은 허용농도 초과율과 동시에 높은 분진노출농도를 보였다. 이 업종들은 동종업종들 보다 작업환경개선을 통해 노출량을 감소시키는데 우선순위를 부여함이 바람직할 것으로 생각된다.

3. 총분진 포집후 분진 등급을 1, 2, 3종으로 구분할 때 동일한 분진에 대하여 측정기관별로 각각 다른 분진 등급을 부여했는데 유리제조, 일반도자기제조, 석재가공, 기타 비금속의 경우 1종 분진으로 구분하는 경우가 각각 66.3%, 60.9%, 53.2 %, 47.5%이었으며, 내화요업, 구조용 비내화요업, 시멘트와 석회, 콘크리트 및 시멘트는 3종 분진으로 분류하는 경우가 각각 56.2%, 58.2%, 91.2%, 64.0%이었다.

결론적으로 현재 우리나라 비금속광물 제품제조업의 작업환경내 분진농도는 매우 높아 이런 상황이 지속된다면 진폐증 발생율이 지속될 것으로 보여 분진 감소에 대한 적극적인 대책이 요망되며, 현재 혼란스러운 분진 노출기준에 대한 잘못된 개념, 평가기준 등은 빠른 시일내에 종합적으로 수정되어야 하고, 진폐 발생가능 분진에 대해서는 반드시 호흡성 분진을 포집하고 분진내 결정형규산을 분석하여 적절한 기준을 적용하여야 할 것이다.

REFERENCES

김병수, 김성천, 이채언, 전진호 등. 제조업 산업장의 작업공정과 분진 작업장내의 분진농도에 관한 연구. 인제의학 1986;7(2):61-69

김찬호, 전진호, 손혜숙 등. 분진의 작업환경농도와 개인폭로농도 비교연구. 대한산업의학회지 1993; 5(2):171-186

김현욱, 노영만, 피영규, 원정일, 김용우. 제조업체에서 발생하는 호흡성분진중 XRD와 FTIR를 이용한 결정형 유리규산 농도의 비교분석. 한국산업

위생학회지 1999;9(1):99-111

김희만, 김돈균. 분진 발생 작업장의 분진 발생 실태 및 영향인자에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1993;3(2):227-239

노동부. 한국표준산업분류. 통계청고시 제 91-1 회. 1992. (4-56쪽.)

노동부. 작업환경측정 및 정도관리규정' (노동부 고시 제 97-53호), 1997.

노동부. 노동통계연감. 1998 (86-87쪽.)

대한산업보건협회. 광업이외의 진폐발생실태 및 보호대책 개발연구. 노동부. 1990.

오세민, 신용철, 박동욱, 이나루, 박승현, 이광용, 문영한. 일부 요업사업장의 분진, 결정형 유리규산 및 납의 폭로에 관한 연구. 한국산업위생학회지. 1994;4(2):168-179

이광목. 일본의 분진허용농도. 한국의 산업의학 1983;22(1):19-23

이원철, 임현우, 이경재 등. 제조업 진폐증의 역학적 특성. 한국역학회지 1998;20(1):141-153

정회경, 김지용, 정해관, 임현술. 모 구조토 가공업체의 구조토 분진폭로평가 및 개선방향에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1994;4(1):81-95

작업환경측정기술협의회. 작업환경측정종합연보. 1997. (80-99쪽.)

한국산업위생학회. 우리나라 작업환경측정방법 개선을 위한 연구. 한국산업위생학회지. 4(1):부록, 1994.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 1999 Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH, 1999. p. 15-72, 83-86.

Hogan TJ. Particulates. In : Fundamentals of Industrial Hygiene, 4th ed, by B.A. Plog, Itasca, Illinois, National Safety Council, 1995. p. 177-179.

Health and Safety Executive. Silica and Lead: Control of exposure in the pottery industry,

London, 1992.

International Agency for Research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of evaluation of carcinogenic risk to humans: Silica and some silicates. coal dust and para-aramid fibrils Vol 68. Lyon, France: World Health Organization, IARC, 1997. p. 73-77.

Mulhausen JR & Damiano J. A strategy for

assessing and managing occupational exposures, 2th ed, AIHA press, USA, 1998. p. 132-136.

Seixas NS, Robins TG, Rice CH, Moulton LH. Assessment of potential biases in the application of MSHA respirable coal mine dust data to an epidemiological study. Am Ind Hyg Assoc J 1990;51(10):534-540